



bu bir MMO  
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## Güneş Enerjili Sistemlerin Tasarımı

ALİ GÜNGÖR  
HÜSEYİN GÜNERHAN

EGE ÜNİ.  
Güneş Enerjisi Enst.

# GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERİN TASARIMI

Ali GÜNGÖR  
Hüseyin GÜNERHAN

## ÖZET

Ticari ve endüstriyel kullanımlı güneş enerjili sistemler, kullanılan ısı transferi akışkanının cinsine göre, genellikle havalı ve sıvılı ısıtma sistemleri olarak iki sınıfta incelenebilir. Havalı ısıtma sistemlerinin uygulama alanları için, zorlanmış taşınım hacim ısıtma, endüstriyel ve tarımsal kurutma prosesleri örnekleri verilebilir. Sıvılı ısıtma sistemleri uygulama alanları için ise, sıvılı hacim ısıtma, endüstriyel proses su ısıtma, yüzme havuzu ısıtma örnekleri verilebilir. Güneş enerjili sistemlerin en ekonomik ve en yaygın olanlarının başında sıvılı ısıtma sistemleri gelir. Enerji ihtiyacının az, gerekli sıcaklığın düşük ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının aylara göre değişimi küçük olduğundan, güneş enerjisi kullanım potansiyeli büyük olan bölgelerde, yaygın olarak güneş enerjili sıvılı ısıtma sistemleri kullanılmış ve kullanılmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjili sistemlerin tasarımı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

## GİRİŞ

Güneş enerjisi kullanımı kimyasal, elektriksel, ısıl işlemler olarak gerçekleştirilebilir. Kimyasal işlem fotosentez yoluyla, karbondioksitin ( $CO_2$ ) oksijen ve bitki ve yiyeceğe dönüşümü biçiminde gerçekleşir. Elektriksel işlemler ise, fotovoltaiik dönüştürücülerin kullanımı ile ilk olarak uzay araçlarına güç temin edilmiştir ve günümüzde birçok uygulaması mevcuttur.

Isıl işlem biçiminde kullanım örnekleri ise, hacimlerin ısıtma ve soğutulmasında ısıl enerjinin sağlanması, kullanım sıcak suyunun hazırlanması, güç üretimi, damıtma ve proses ısısı için ısıl enerji sağlanmasında kullanılır.

Ticari ve endüstriyel güneş enerjisi sistemleri genellikle kollektör devresinde kullanılan ısı transfer akışkanına göre sınıflanmaktadır. Bunlar havalı veya sıvılı sistemlerdir. Her iki sistemde güneş ışınım enerjisinin dönüşümü ile ilgili temel yapıları kullanmakla birlikte herbir sistemde kullanılan cihazlar tamamıyla farklıdır. Ayrıca, havalı sistemlerin kullanımı zorlanmış dolaşım havalı hacim ısıtma ve serinletme ve endüstriyel ve zirai kurutma prosesleri ile sınırlıdır.

Sıvılı sistemler ise, çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Hacim ısıtma, kullanım suyu ısıtma, endüstriyel proses suyu ısıtma, absorpsiyonlu iklimlendirme sistemine enerji temini, havuz ısıtma, ısı pompalarına ısı kaynağı olarak kullanım gibi örnekler sıralanabilir. Sıvılı sistemlerin bu geniş kullanımı nedeni ticari olarak çok kolaylıkla bulunabilmesidir.

## HAVALI ISITMA SİSTEMLERİ

Havalı ısıtma sistemleri hava kanalları aracılığıyla havayı havalı kollektörde ısıtıp ısıtacak ve depolanacak bölgeye fan kullanımı ile dolaştıran bir sistemdir.

Havalı sistemler hacim ısıtma uygulamaları için verimli sistemlerdir. Çünkü, ısı değiştiriciye gerek duyulmamaktadır ve gün boyunca toplayıcı giriş sıcaklığı (yaklaşık olarak oda sıcaklığında) çok düşüktür. Havalı sistemlerin ayrıca, don tehlikesinden, aşırı ısınmadan veya korozyondan korunma ihtiyacı yoktur.

Havali ısıtma sistemlerinde kullanılan kanallar, fanlar gibi sistem elemanları sıvılı sistemlerdeki boru ve pompalara göre daha fazla yer kaplar. Kanallarda sızdırmazlık işçiliği ve hava kaçaklarının belirlenmesi çok zordur. Fanlarda kullanılan güç sıvılı sistemlerdeki pompalardan daha fazladır. Fakat, hava dağıtım kanallarının kullanıldığı bir uygulamada güneş enerjisi yardımcı olarak kullanılıyorsa ek güç ihtiyacı çok azdır.

Genelde havali hacim ısıtma sistemleri bir hava-sıvı ısı değiştiricinin kullanımı ile ayrıca kullanım sıcak suyunun ön ısıtmasında kullanılır. Böylesi uygulamalarda geceleri ters doğal dolaşımın önlenmesi için çok sıkı kapanan damperlere gerek duyulur. Bu ters dolaşım önlenemezse ısı değiştirici serpantinindeki su donabilir. Bu sistem yalnızca yaz aylarında su ısıtıyorse en azından sistemde harcanan gücün güneş enerjisi sisteminden karşılanması gerekir. Bazı durumlarda güneşli su ısıtıcı havali sistemler elektrik enerjisi fiyatlarının çok yüksek olması durumunda konvensiyonel su ısıtıcılarından daha pahalıdır. Güç ihtiyacını azaltmak için bazı sistemlerde 2 kademeli düşük hızlı fan kullanılır.

## 2. SIVILI ISITMA SİSTEMLERİ

Donma, sıvılı sistemlerin ana problemidir. Bu nedenle cihazların seçimini ve tasarımını etkiler. Güneş enerjisi toplayıcısı soğuk gökyüzü koşullarında radyasyonla ısı yayar. Ve hava sıcaklığının 0°C'ın hayli üzerindeki durumda olması durumunda bile donar. Herhangi bir yörede don koşulları sıkça görülüyorsa küçük güneşli ısıtma sistemleri düşük güvenilirlikli koruyucu cihazlarla donatılır. Bu cihazlar elektriksel ve/veya mekanik yapıda olabilir.

Örneğin elektronik kontrol ediciler ve otomatik valflar gibi. Özellikle büyük sistemlerde gerek tüketici gerekse güneş enerjisi sistemleri tasarımcıları daha güvenilir tasarımlara giderler. Bunun nedeni bu uygulamalardaki yatırımın büyüklüğündendir. Hatta ılıman iklimlerde bile güvenilir don önleyici sistemler gereklidir.

Güneşli su ısıtma sisteminde bir güneş enerjisi toplayıcısı dizisi bulunur ve güneş ışınımını absorplayıp ısıya dönüştürür. Bu absorplanan ısı daha sonra toplayıcıdan geçen ısı transfer akışkanı (su, donmayan sıvı veya hava) tarafından absorplanır. Bu ısı depolanır veya direkt olarak kullanılabilir. Güneş enerjisi sisteminin dış hava ile temas eden kısımları donmaya karşı korunduğu gibi ayrıca yüksek ışınım düzeylerinde ve düşük enerji kullanım periyotlarında aşırı ısınmaya karşı korunmalıdır. Güneşli su ısıtma sistemlerinde içme suyu direkt olarak toplayıcıda ısıtılabilir, (Bu sistemler açık sistem olarak adlandırılır) veya indirekt olarak kollektör içinde ayrı bir ısı transfer akışkanı dolaştırılır ve ısıtılır, bu ısıtılan akışkan bir ısı değiştiriciden geçerek ısısını kullanım suyuna verir. (Bu sistemler ise kapalı sistem olarak adlandırılır). ısı transfer akışkanı toplayıcı içinde veya sistemde doğal veya zorlanmış dolaşım ile taşınabilir. Doğal taşıma doğal konveksiyon sonucu oluşur. (Termosifon sistem) Zorlanmış dolaşım ise pompalar veya fanlar kullanılır. Termosifon sistemin dışında (bu sistem hiçbir kontrol gerektirmez) güneşli kullanım suyu ısıtma sistemlerinde diferensiyel termostat kullanımı ile kontrol edilmektedir. Sıcak su hazırlamada kullanılan değişik sistemler mevcuttur.

## TERMOSIFON SİSTEM

Termosifon sistem içme suyunu veya bir ısı transfer akışkanını ısıtır ve toplayıcıdan ısı depolama tankına enerjisinin taşınması doğal konveksiyonla gerçekleşir. Direkt sistemler için şehir şebeke basıncının toplayıcının çalışma basıncından daha yüksek olması durumunda basınç düşürme valfine gerek vardır. Termosifon sistemde depolama tankı toplayıcının üzerinde bir yüksekliğe yerleştirilmelidir. Sert veya asidik suların kullanılması durumunda absorber akış kanallarında kireçlenme veya korozyona neden olunur.

## DİREKT SİRKÜLASYONLU SİSTEMLER

Bu sistemlerde depolama tankında bulunan içme suyu depolama tankından kollektörlere pompalanır ve burada güneş enerjisi ile ısınan su ısı depolama tankına geri döner. Su sirkülasyonu pompa ile yapıldığı için toplayıcılar depolama tankının üstünde veya altında yer alabilir. Direkt dolaşımı

sistemler çok nadir donma olan bölgelerde ekonomiktir. Don tehlikesi olan günlerde depolama tankındaki ılık suyun sirkülasyonu ile donma önenebilir. Suyun sert veya asidik olduğu bölgelerde direkt su ısıtma sistemi kullanılmamalıdır. Kireç birikimleri toplayıcı absorberleri akış kanallarını tıkayabilir veya korozyona neden olabilir. Bu tip sistemler şehir şebeke basıncı ile çalıştığından belirli basınçlara dayanması gereklidir. Standartlara uygun basınç testinden geçirilmiş toplayıcılar kullanılmalıdır. Şehir şebeke basıncı toplayıcıların çalışma basıncından büyükse basınç düşürme valfleri ve basınç emniyet valflerine ihtiyaç duyulur. Direkt dolaşımli sistemlerde genelde güneş enerjisi depolama ve ek ısıtıcı (elektrik, fuel-oil v.b.) sistemin her ikisi için tek depolama tankı kullanılır. Fakat iki tanklı depolama sistemleride kullanılabilir. Direkt dolaşımli sistemlerden aşağı boşaltmalı sistemde içilebilir su depolama tankı ile toplayıcılar arasında dolaşmaktadır. Bir donma tehlikesi olduğunda veya bir güç kesintisi olduğunda sistem birkaç otomatik kontrol valfi kullanımı ile şehir şebekesi ile bağlantısı kesilir ve yine birkaç otomatik kontrol edilen boşaltma valfi aracılığıyla toplayıcı dizisi içindeki ve dış bağlantılardaki su geri boşaltılır. Bu boşaltmanın sağlanabilmesi için güneş toplayıcıları ve bağlantı borularının eğimlerinin sistemin monte edilmesi aşamasında dikkatlice verilmesi gereklidir. Bu sistemlerde şehir şebeke basıncı ile çalıştığı için basınç testleri ilgili standartlara göre yapılmış olmalıdır. Sistemde gerektiğinde basınç düşürme valfleri ve basınç emniyet valfleri kullanılmalıdır. Bir veya iki tanklı depolama sistemleri kullanılabilir. Suyun sert ve asidik olması durumunda kireç ve korozyon oluşumu söz konusudur.

## GERİ BOŞALTMALI SİSTEMLER

Geri boşaltmalı sistemler genellikle indirekt su ısıtma sistemleri olup toplayıcı ve depolama tankı arasında kapalı devrede yumuşatılmış veya normal su dolaştırılır. Isı depolama tankında bulunan bir ısı değiştiriciden geçen bu kapalı devre akışkanı güneş enerjisi toplayıcılarından kazandığı enerjiyi burada depolama tankında ısıtılan içilebilir suya verir. Sistemdeki dolaşım, yararlı enerji mevcut olduğu sürece devam eder. Diferensiyel termostat kontrollu olarak pompa durduğunda toplayıcı içindeki akışkan yer çekim etkisi ile geri boşaltma tankına boşalır. Basıncı bir sistemde bu tank ayrıca basınç emniyet valfi gibi sıcaklıkla basınç yükselmelerine karşı genişleme tankı olarak görev yapar. Bu durumda tank üstü açık ve atmosfere havalandırılmalıdır. Kollektör devresi içme suyundan ayrıldığı için boşalmayı temin eden otomatik valflere ihtiyaç yoktur. Toplayıcı dizisi ve dış boruların eğimleri sistemi tamamı ile boşaltacak biçimde olmalıdır. Sistemde kullanılan pompa basıncının kollektör devresindeki akışkanı toplayıcı dizisinin en üst seviyesine pompalayabilmesi gereklidir.

## İNDİREKT SU ISITMA SİSTEMLERİ

İndirekt su ısıtma sistemlerinde toplayıcı kapalı devresinde donma önleyicili ısı transfer akışkanları kullanılır. Isı depolama tankında bulunan bir ısı değiştirici yardımıyla güneş enerjisi toplayıcılarında kazanılan enerji içme veya kullanım suyuna transfer edilir. Genelde kullanılan ısı transfer akışkanları su-etilen-glikol ve su-propilen-glikol çözeltileridir. Bunların dışında silikon yağları hidro-karbonlar veya soğutkanlarda ısı transfer akışkanı olarak kullanılabilir. Bu akışkanlar içilmemez. Genelde çift cidarlı ısı değiştiriciler kullanılır. Çift cidarlı ısı değiştirici depolama tankının içine yerleştirilebileceği gibi ayrı bir dış ısı değiştiricide kullanılabilir. Kollektör devresi kapalı olduğunda kapalı bir genişleme tankına ve basınç emniyet valfine gereksinim duyulur. Bir veya iki tanklı depolama sistemleri kullanılabilir. Kollektör akışkanının bozulmaması ve korozyon oluşumunu önlemek için aşırı sıcaklık oluşumunun önlenmesi gereklidir. Tasarımcılar su antifriz çözeltili sistemlerde otomatik su beslemeden sakınmalıdırlar. Çünkü önemli bir sızıntı olduğunda sisteme otomatik olarak takviye edilen su çözeltilisinin donma sıcaklığını yükseltir. Bu donma sıcaklığı çevre sıcaklığının üzerinde ise toplayıcılarda ve dış borularda donmaya neden olabilir. Ayrıca büyük kollektör dizili (sayılı) ve uzun boru bağlantılı antifrizli sistemlerde ısı değiştirici öncesinde kısa süreli by-pass devresine ihtiyaç duyulabilir. Bu devre sistemin çalışmaya başlama anında ısı değiştiriciyi donmaya karşı korur.

## İNTEGRAL DEPOLU TOPLAYICI SİSTEMLERİ (ITS)

Bu sistemlerde sıcak su depolama kısmı toplayıcının bir parçası olarak kullanılır. Bazı tipler tek bir tankı absorber yüzeyi olarak kullanır. Bazı tiplere ise çok sayıda uzun ince tanklar yan yana yatay olarak absorber yüzeyi oluşturacak biçimde yerleştirilir. Bu tip integral toplayıcı sistemde sıcak su üst

tanktan çekilir ve soğuk su sisteme en alttaki tanktan girer. Geceleyin İTS'den ısı kaybı çok daha büyük olduğundan pompalı sistemlerden daha az verimlidir. Ve bu sistemlerde selektif yüzeyler önerilir. İTS normal olarak pompasız ve kontrolsüz güneşli ön ısıtıcı olarak yerleştirilir ve kullanılır. Buradan elde edilen sıcak su gerektiğinde standard bir su ısıtma sistemi ve tankında ısıtılabilir.

## HAVALI SİSTEMLER

Havali sistemler indirekt su ısıtma sistemlerinden olup toplayıcılarda ve kanallarda hava dolaştırılmaktadır. Toplayıcıda kazanılan güneş enerjisi bir hava-sıvı ısı değiştiricide içme suyuna transfer edilir. Bu ısı değiştiriciye ısıtılan su pompalanır ve ısı değiştiricilerin borularından (serpantinlerinden) geçip depolama tankına geri döner. Hava ve su sirkülasyonu diferensiyel termostat kontrollü olarak enerji alınabildiği sürece devam eder. Bunun için depolama tankından ve ısı değiştirici çıkışından su sıcaklıkları ve toplayıcı çıkışından hava sıcaklıkları diferensiyel termostatla ölçülür. Diferensiyel termostat pompaya, fana ve sıcak hava giriş damperine kumanda eder. Havali sistemlerde tek veya çift depolama tankı kullanılabilir. Genelde 2 tanklı depolama sistemleri kullanılır ve havali sistemler genelde kullanım sıcak suyunun ön ısıtılmasında kullanılmaktadır ve temin edilen sıcaklık 50-70°C sıcaklığındadır. Hava donmaya karşı korunma gerektirmez veya kaynamaz. Korozif değildir ve bedavadır. Bununla beraber hava kanalları ve hava nakil cihazları boru ve pompalara göre daha fazla hacim kaplar. Kanal iççiliğinde sızdırmazlık önemlidir. Hava kaçaklarının tesbiti çok zordur. Sıvılı sisteme göre basınç kayıplarının yüksekliği nedeni ile güç gereksinimi genelde daha yüksektir. Havali sistemlerde kullanılan bütün damperler ısı kayıplarını ve kaçakları önlemek için mükemmel sızdırmaz olmalıdırlar. Donma sıcaklığının sıkça yaşandığı bölgelerde geceleyin ters dolaşımın önlenmesi için toplayıcı kanallarında özellikle bu sızdırmaz damperlere ihtiyaç duyulur. Eğer sızdırmazlık yeterli değilse ısı değiştirici serpantinlerindeki su donabilir. Havali sistemlerde aşırı ısınmanın kontrolü için herhangi bir özel işleme gerek yoktur.

## HAVUZ ISITMA SİSTEMLERİ

Güneş enerjili havuz ısıtma sistemlerinde ayrı bir depolama tankına gerek duyulmaz. Çünkü havuzun kendisi depolama tankıdır. Birçok uygulamada havuzun filtre pompası suyu güneş panellerinden veya plastik borulardan geçirir. Bazı yenileme uygulamalarında güneş enerjili sistemde devreye girmesiyle daha büyük pompalar gerekebilir. Veya küçük bir pompa ilave edilerek güneş enerjisi toplayıcılarından havuz suyu geçirilir. Sistemde toplayıcılarda havuz suyu dolaşımı için otomatik kontrol kullanabileceği gibi bu işlem el kontrolü ile gerçekleştirilebilir. Normal olarak güneş enerjili sistem, pompa kapatıldığında sistemdeki suyu aşağıya boşaltacak biçimde tasarlanır. Bu toplayıcılarda donmayı önlemek için gereklidir.

## SÜREKLİ DOLAŞIMLI KULLANIM SICAK SUYU SİSTEMLERİ

Bu sistemlerde kullanım suyu binada sürekli dolaştırılır. Bu sistemler genelde otellerde, hastahanelerde, yatakhanelerde, ofis veya ticari binalarda kullanılır. Sirkülasyon ısı kayıpları bu sistemlerde toplam su ısıtma yükünün genellikle önemlice bir kısmını oluşturur. Uygun bir şekilde sistemde tasarlanan güneş enerjisi sistemi bu ısı kayıplarının çoğunu tamamlar. Bu sirkülasyon kullanım anında hemen sıcak suyun temini açısından ve su kaybını önleme açısından gereklidir.

## GÜNEŞ ENERJİSİ TOPLAYICILARI

Güneş enerjisi sistemi tasarımı detaylı bir dikkat gerektirir. Güneş ışınımı enerjisinin düşük yoğunluklu bir biçimi olup, toplama cihazı ve kullanımı pahalıdır. Tasarım ve yerleştirmedeki kusurlar bütün sistem için maliyete göre düşük verimlilikler oluşturabilir. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bileşimler iklimlendirme sistemlerinde de genelde kullanılan cihazlardır. Ancak güneş enerjisi uygulamalarında aşağıda belirtilen elemanlarda farklı özellikler bulunur.

- Kollektör ve kollektör dizileri.
- Isıl enerji depolama tankları.

- Isı değıştiriciler.
- Kontrol sistemi.

**Toplayıcılar (Kollektörler):** Güneş enerjisi toplayıcıları sıvı ısıtmalı ve hava ısıtmalı olarak 2 ayrı sınıfa ayrılabilir. En yaygın kullanılan tip düşük sıcaklıklı endüstriyel uygulamalar (< 95°) için düz yüzeyli toplayıcıdır.

Düzlemsel toplayıcılarda absorber yüzey siyah kaplanmış bir yüzey olup, bunun üzerinde de bir veya daha fazla geçirgen örtü bulunur. Geçirgen örtüler, gelen güneş ışınımı için geçirgen ve uzun dalga boyulu ışınım için opaktır. Örtülerin asıl amacı konveksiyonla ısı kayıplarını azaltmaktır. Toplayıcı kasası absorber yüzeyin arka ve kenarlarından iletim ısı kayıplarını önlemek için yalıtılmıştır. Bu tip toplayıcılar 95°C'ye kadar sıcak su veya hava sağlayabilirler. 70°C'in üzerindeki sıcaklıklarda verimin hızla azaldığı görülür. Düzlemsel toplayıcıların avantajları konstrüksiyonun basitliği, düşük maliyet, hareketli parçanın bulunmaması, onarılmasının kolaylığı ve dayanıklılığıdır. Ayrıca, difüz ışınımı absorblama özelliğide bulutlu iklim bölgelerinde farklı bir üstünlük sağlar. Eş merkezli cam boruların vakumlu bir dış camla çerçeveselendiği toplayıcı tipleride geliştirilmiştir. Burada oluşturulan vakumlu bölge taşınım ve iletim kayıplarını düşürmekte ve bu yüzden düzlemsel toplayıcılardan daha yüksek sıcaklıklar da çalıştırılmaktadır. Bu toplayıcıda düzlemsel toplayıcılar gibi direkt ve difüz ışınımı toplayabilmektedir. Bu toplayıcıların verimlilikleri güneşin normal konumundan daha düşük geliş açılarında da yüksektir.

Bu özellikle gün boyunca çalışma için vakumlu borulu toplayıcılara, düzlemsel toplayıcılara göre üstünlük getirir. Bu yüksek sıcaklık yeteneği nedeniyle vakumlu borulu toplayıcılar absorpsiyonlu iklimlendirme cihazlarının enerjisinin sağlanmasında tercih edilir. Düzlemsel ve vakum borulu toplayıcılar genellikle sabit bir konumda yerleştirilir. Toplayıcıların bir başka tipi olan odaklı toplayıcılar ise, güneşi izleyecek şekilde tasarlanmaları gereklidir. Bu toplayıcılar genelde 120°C'in üzerinde yüksek sıcaklıklı endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Hava ısıtmalı toplayıcılarda sıvı ısıtmalı toplayıcılardakine benzer toplayıcı kasası 1 veya 2 geçirgen örtü, kenar ve arka yalıtım gibi benzer parçaları bulundurur. Temel farklılığı ise, absorber yüzeyin ve akış kanallarının tasarımıdır. Çalışma akışkanı olan havanın zayıf ısı transfer özelliklerine sahip olması nedeniyle hava akışı bütün absorber yüzeyinin üzerinden ve bazen büyük ısı transfer yüzeyi elde edebilmek için levhanın üst ve altından geçebilir. Geniş yüzey alanına rağmen havalı toplayıcılar sıvılı toplayıcılara göre daha kötü toplam ısı transferine sahiptir. Bununla beraber düşük sıcaklıkta hacim ısıtma uygulamaları için herhangi bir ısı değıştirici araya girmeksizin kullanılır.

## TASARIM, YERLEŞTİRME VE İŞLETME KURALLARI

Aşağıda belirtilen kontrol listeleri güneşli ısıtma ve soğutma sistemleri tasarımcıları içindir. Herbir uygulama için değışebilen özel değerler verilmemiştir.

### TOPLAYICILAR

Akış hızlarının imalatçının önerileriyle uygunluğunu kontrol ediniz.

Toplayıcı anlık verimlilik eğrilerini gözden geçirin, sistem gereklilikleri ile toplayıcı arasındaki uyumu kontrol ediniz.

Kullanıma uygun toplayıcı konstrüksiyonu gereklidir. İki geçirgen örtülü (camlı) toplayıcı ılıman iklimlerde düşük sıcaklıklı toplama durumunda gerekli değildir ve gerçekte zararlı olabilir. Öte yandan iki geçirgen örtü daha soğuk iklim bölgelerinde absorber levha ve çevre sıcaklığı arasındaki farkın yüksek olduğu durumlarda veya soğutma uygulamaları için yüksek sıcaklıklar gerektiğinde kullanılabilir. Işınım kayıpları yalnızca yüksek absorber levha sıcaklıkları durumunda daha önemli duruma gelmektedir. Bu durumlarda seçici yüzeylerin kullanılması gereklidir. Düz siyah normal yüzeyler, düşük depolama sıcaklıkları için bazen daha çok istenebilir.

Toplayıcı eğim açısı, enlem ve kullanım özellikleri uyumunun, optimum eğim yönünden analizinin yapılması gerekir.

Toplayıcı yüzey azimutunu kontrol ediniz.

Toplayıcının yerini potansiyel gölgeleme ve kaza riskleri yönünden gözden geçiriniz.

Toplayıcıların kullanılmadığı periyotlarda, özellikle yaz aylarında yüksek durgunluk (bekleme) sıcaklığı dayanıklılık yönünden incelenmeli ve toplayıcının boşaltılıp veya dolu bekletilmesi yönünden değerlendirilmelidir.

Buz oluşumu ve kar yükü yönünden kontrol gerekebilir.

Gaz oluşumuna karşı önceden tedbir alınmalıdır.

Taşıyıcı profillerin ve toplayıcı bağlantılarının yüksek rüzgara karşı dayanıklılıkları kontrol edilmelidir.

Mimari bütünleşmeyi kontrol edin. Çatı üzerindeki toplayıcılar yağmur suyu sızıntısına veya yoğunlaşmış problemlerine neden oluyor mu? Çatı yapısı potansiyel sızdırma problemlerine sahip mi?

Toplayıcı konstrüksiyonu yapısal bütünlük ve dayanıklılık yönünden kontrol edin. Çalışma koşullarından malzemeler zarar görmekte midir?

Toplayıcı içindeki akış kanalları doğal doldurulmuş ve boşaltmayı sağlayacak biçimde imal edilmiş mi? Montaj biçimi bunu sağlamakta mıdır?

Havalı toplayıcı sistemlerde bağlantı kanalları tasarımı ve uygulaması dengelenmiş hava akımını ve düzenli ısı transferini sağlıyor mu? Bağlantılarda potansiyel sızma var mı?

## HİDROLİK TASARIM

Toplayıcı dizilerindeki akış hızlarının, uygunluğunu sistem tasarım parametreleri yönünden kontrol ediniz.

Eğer antifiriz kullanılıyorsa, akış hızlarının viskozite ve özgül ısı yönünden düzeltildiğini kontrol ediniz.

Kullanılan antifirizin özelliklerini kontrol ediniz. Bazı akışkanları yüksek alev alma riskine sahiptir. Ayrıca zehirlilik, buhar basıncı, alev alma noktası atmosfer basıncında kaynama ve donma sıcaklıklarının uygunluğunu kontrol ediniz.

Antifirizli sistemin su ekleme sistemini kontrol ediniz. Otomatik su besleme sistemi donmaya neden olabilir.

Sistemin doldurma ve boşaltılmasındaki sistem tasarımını ve uygulamasını gözden geçiriniz. (Yüksek noktalarda hava alma ventilleri ve düşük noktalarda boşaltma ve borularla, geri boşaltmalı sistemlerde havalandırılmış depolama veya genleşme tanklarıyla olan bağlantılarında doğru eğilimlendirme önemlidir).

Eğer geri boşaltma donma önleme sistemi mevcutsa şunları kontrol ediniz:

1. Geri boşalma hacmini ve havalandırma durumunu kontrol ediniz.
2. Borular geri boşalma için eğilendirilmelidir.
3. Güneş enerjili sistemin su pompası kat yüksekliğini karşılayabilecek biçimde tasarlanmış olmalıdır.
4. Tank pompanın altındaysa sorunsuz çalışabilmeli.

Geri boşaltmalı sistem için toplayıcı basınç düşümü, gidiş ve dönüş boruları arasında statik basınç bakımından hayli yüksektir. Bunu kontrol ediniz.

Toplayıcıların paralel bağlanmasında optimum boru bağlantı düzenlemesi geri dönüşlü bağlantıdır. Seri toplayıcılar akış hızını azaltır ve basınç düşümünü yükseltir. Seri ve paralel bağlantının bileşimi bazen daha yararlıdır, fakat cihaz seçimini ve boyutlandırılmasının kontrolü gereklidir.

Farklı çalışma modlarında, çalışması durumu olan sistemlerde pompaların hidrolik problemlerle karşılaşılabilir.

Isı değiştirici kullanılıyorsa, hesaplanan sıcaklık farkına ulaşıldığını kontrol ediniz.

Sıcaklık değişimleriyle su genleşme ve büzülme özgül hacim-sıcaklık tabloları kullanarak kontrol ediniz. Sistemde bunların değerlendirildiğini sağlayın.

Üç yollu vanalar, kapalı yola sızıntı yapabilmektedir. Bu dönüş akışlarıyla birlikte potansiyel hidrolik problemten oluşmaktadır. Genel bir kural olarak, basit kontrol ve devreler daha iyidir.

## HAVA AKIMI

Toplayıcı dizilerindeki akış hızlarının sistem tasarım parametreleriyle uyumunu kontrol ediniz.

Toplayıcılarda sıcaklık yükselmesi, kütiesel debileri ve özgül ısıları kullanarak kontrol ediniz.

Sistem parametreleri arasındaki kanal hava hızlarını kontrol ediniz.

Soğuk hava veya suyun güneşin olmadığı koşullarda yerçekimiyle akamayabileceğini kontrol ediniz.

Kanal malzemesini ve konstrüksiyon metodunu gözden geçirin. Kanalların sızıntı kayıplarını azaltmak için sızıntıya karşı da yalıtılmış olmalıdır.

Kanal yerleşimini toplayıcı dizilerinden dengeli akış yönünden kontrol ediniz.

İki toplayıcıdan daha fazlası seri bağlanırsa toplama verimliliğini azaltabilir.

## ISI DEPOLAMA

Toplayıcı alanı, toplama sıcaklığı, kullanma sıcaklığı ve sistem yükü gibi parametrelerin ısı depolama kapasitesi ile uyumunu kontrol ediniz.

Isıl ataletin etkin çalışmayı engellemediğini kontrol ediniz.

Depolama ve kullanım aşamasında depoda sıcaklık kademelenmesinin oluştuğunu kontrol ediniz.

Depo ile boru ve kanal bağlantılarının kontrol mantığıyla uyumluluğunu kontrol ediniz.

Eğer yüksek sıcaklıkta sıvı (90°C'in üstünde) depolama uygulaması sözkonusuysa, tank malzemesinin ve konstrüksiyonun sıcaklık ve basınca dayanabilirliğini kontrol ediniz.

Depolama yerinde istenmeyen ısı kayıpları olmamalıdır.

Sıvı depolama tank malzemesinin korozyona karşı işlem görmüş olduğunu kontrol ediniz. Bu özellikle kısmen doldurulan tanklarda önemlidir.

Sıvı tankının aşırı basınç veya vakuma karşı korunmuş olduğunu kontrol ediniz.

## KULLANIM

**Evsel Kullanım İçin Sıcak Su:**Evsel kullanım için karakteristik sıcak su yükleri, kullanım periyodları, depolama kapasitesi ve toplayıcı sayıları uyumu kontrol edilmelidir.

Sistemde güneş enerjisiyle ısıtılıp depolanan suyun tekrar yardımcı konvansiyonel ısıtıcı ile ısıtılmaması için kontrol önlemleri alınmış olmalıdır.

Sistemin düşük güneş enerjisi yüklerinde bile soğuk besleme suyunun ön ısıtılmasını sağladığı kontrol edilmelidir.

Sistemde karışım vanası kullanılıyorsa en yüksek güneş enerjisi yüklerinde bile uygun ve emniyetli kullanım suyu sıcaklığı vermesi kontrol edilmelidir.

65°C'in üzerine ısıtılan şehir suyu uygulamalarında kışın (kireç) birikimi önemli bir problemdir. Özellikle toplayıcılar bu suyu direkt olarak kullanıyorsa, akış kanallarında bu kışın birikiminin önüne geçilmelidir.

Sistemde çift cidarlı borular (ısı değiştirici) kullanılıyor ise toplayıcı devresinde içilemeyen (örneğin antifrizli su) su kullanılıyor ise ilgili standart ve kodlara uygun bir imalatın gerçekleştirildiğini kontrol ediniz.

## ISITMA

Ilık havalı ısıtma sistemleri güneş enerjisini orta sıcaklıklarda kullanılan direkt ısıtma özelliğine sahiptir. Sistemin düşük (ılık) hava sıcaklığında hacimsel olarak ısıtma yükünü yeterince karşılandığını kontrol edin ve limit termostatını buna göre ayarlayınız.



Düşük güneş enerjisi durumunda bile bu enerji dönüş havasının ön ısıtılmasında kullanılabilir. Güneşli ısıtma serpantinlerinin sistemdeki yerini kontrol ediniz.

Panel (Baseboard) ısıtma sistemi başarılı bir çalışma için yüksekçe sıcaklıklar gerektirir. Bu sistemdeki çıkış logaritmik sıcaklık farkının 1.5 üstüne değişebilir ve düşük sıcaklıklarda hayli düşük çıkış verir. Panel ısıtmanın güneş enerjisiyle birlikte tasarlandığı sistemlerde sistem giriş sıcaklığını ısıtma yüküyle uygunluğunu kontrol ediniz.

Isı değiştirici kullanan sistemlerde depolama sıcaklığı ile toplayıcıda toplama sıcaklığı arasındaki farklılığın sistem tasarımında dikkate alındığını kontrol ediniz.

Su-hava ısı pompaları çalışmak için sabit bir su sıcaklığı gerektirir. Isı kaynağı yetersiz olduğunda, yardımcı ısı kaynağı sistemi kullanılmalıdır. Depolamanın uygunluğunu kontrol ediniz.

## SOĞUTMA

Güneş enerjisi tahrikli absorpsiyonlu soğutma sistemi, fosil yakıtlarının yardımcı ısıtma sistemi olarak değerlendirildiği ticari uygulanabilen tek, yaygın aktif soğutma sistemidir. Tasarım kriterlerinin, güneş enerjisi katkısının ve ilgili hesapların gözden geçirilmesi gerekir.

Sıcak su ve soğutulmuş suyun uygun depolarda depolanması daha iyi çalışan sistemler için gereklidir.

## KONTROLLER

Kullanılan kontrol sistemi ve mantığının istenen çalışma koşullarını sağladığını kontrol ediniz.

Toplayıcı devresi kontrolünün, güneş enerjisi girdisi, toplayıcı sıcaklığı ve depolama sıcaklığını denetlediğini belirleyin.

Kontrol sisteminin toplayıcı devresi ve kullanım devresini bağımsızca çalıştırabildiğini kontrol ediniz.

Kontrol sistemlerinin geri çalışmasını kontrol edin ve bunu en ekonomik olarak sağladığını kontrol ediniz.

Kontrol sisteminin mümkün olduğunca basit olduğunu kontrol edin. Karışık kontrol sistemleri sıklıkla kesilmeleri artırır ve işlemez hale gelmeye neden olabilir.

Bütün kontrollerin emniyetliliğini kontrol ediniz.

## VERİMLİLİK

Binanın ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak su yüklerini uygulanabilirlik yönünden kontrol edin. Binanın ısı özelliklerinin uyumluluğunu gözden geçirin (örneğin ısı yalıtım özellikleri bakımından).

Toplanan güneş enerjisini aylık olarak değerlendirin. yükler ve güneş enerjisi katkısını gözden geçirin, belirleyin.

## OTOMATİK KONTROL UYGULAMALARI

Aktif güneş enerjili sistemin en önemli birimi (kalbi) otomatik sıcaklık kontrolüdür. Birçok çalışmada kontrol sisteminde hatalar belirlenmiştir. Kontrol sisteminin basit olması ve aşağıdaki noktalar seçimde ve uygulamada dikkat edilmesi gereklidir.

Toplayıcı sensörü yeri/seçimi,

Depolama tankı sensörü yeri,

Aşırı-sıcaklık sensörü yeri,

Özel açma-kapama kontrol cihazı karakteristikleri,

Otomatik kontrol cihazlarının, sensörlerin seçimi.

Cihaz bağlantılarının uygun yapılması,

Kontrol sistemi tasarımının tüm sistem çalışma ortamları için gerçekleştirilmesi, (ısı depolama, ısı çekimi, güç kesilmesi, donma önlenmesi, yardımcı ısıtma vb.), gerekir.

Kritik uygulamalarda alarm göstergelerinin seçimi yapılmalıdır. Örneğin, pompa bozukluğu, düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık, basınç kaybı, kontrol sistemi bozukluğu, ve gece çalışması gibi durumlar için.

Güneş enerjisi sistemlerinde aşağıda belirtilen beş durum için otomatik kontrol tasarımına gerek duyulabilir.

- 1- Toplayıcıdan depoya
- 2- Depodan yüke
- 3- Yardımcı enerjiden yüke
- 4- Alarmlar için
- 5- Muhtelif (örneğin ısı atımı, donma önlemi, boşaltma ve aşırı sıcaklık önlemi gibi)

### DİFERANSİYEL SICAKLIK KONTROLÖRÜ

Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan kontrollerin çoğu iklimlendirme sistemlerindeki kontrollere benzer. Ana farklı uygulama diferansiyel sıcaklık kontrolörü (DSK)'dür. Bu kontrol güneş enerjisi sistemlerinin temel kontrol birimidir. DSK karşılaştırma kontrolörü olup en azından iki sıcaklık sensörü ile bir veya daha çok cihazı kontrol eder. Tipik olarak sensörler güneş enerjisi toplayıcılarına ve depolama tankına yerleştirilir. Basıncısız sistemler üzerinde diğer DSK'ü depolama tankından ısının çekimini kontrol edebilir.

Isı değiştiricisiz sistemlerde DSK 1.5-3.5°C fark aralığında, ısı değiştiricili sistemlerde 3-6°C fark aralığında çalıştırılır. DSK'nın ayarlanabilir olması tercih edilmelidir. Sabit DSK'ların kullanımında ise seçime dikkat edilmelidir.

### SONUÇ

Bu çalışmada,güneş enerjili sistemlerin tasarımı üzerine bazı bilgiler verilmiştir.Bu bilgilerden yararlanılarak uygun tasarımlar yapılabilir.Daha geniş bilgi için ilgili ASHRAE standardlarından yararlanılabilir.

### KAYNAKLAR

- 1.ASHRAE Handbook,1992 Systems and Equipment Handbook ,Chapter 34,Solar Energy Equipment.
- 2.ASHRAE Handbook,1991 Applications Handbook ,Chapter 30,Solar Energy Utilization.
- 3.DUFFIE,J.,A.,BECKMAN,W.,A.,(1980), Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons,ISBN 0-471-05066-0,New York,U.S.A.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ali GÜNGÖR

1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsünden 1985 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim dalında Doçent oldu. 1978'den beri üniversitede ve halen Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü ve Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.

### Hüseyin GÜNERHAN

13 Nisan 1966 yılında İzmir'in Urla ilçesinde doğdu. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'ndeki Lisans öğrenimi sırasında Doç. Dr. Macit TOKSOY gözetiminde "Bir Faz Değişimli Enerji Deposunun Tasarımı" isimli Lisans Tezi yaptı. Ocak 1990 yılında mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 30 Ocak 1991 yılında Araştırma Görevlisi oldu. Prof. Dr.-Ing. Gürbüz ATAGÜNDÜZ gözetiminde "Bilgisayar Destekli Sıvılı Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin Optimizasyonu" isimli Yüksek Lisans Tezi yaptı. 03 Ağustos 1992 yılında "Yüksek Mühendis" ünvanı ile Enerji Teknolojisi Anabilim Dalı'ndan mezun oldu. Şu anda aynı enstitüde doktora öğrenimi görmekte ve Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Isı Transferi, Enerji ve Yeni Enerji Kaynakları çalışma alanlarıdır.